

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-047976

(43)Date of publication of application : 15.02.2002

(51)Int.Cl.

F02D 41/06  
F02D 41/38  
F02D 45/00

(21)Application number : 2000-233814 (71)Applicant : NISSAN MOTOR CO LTD

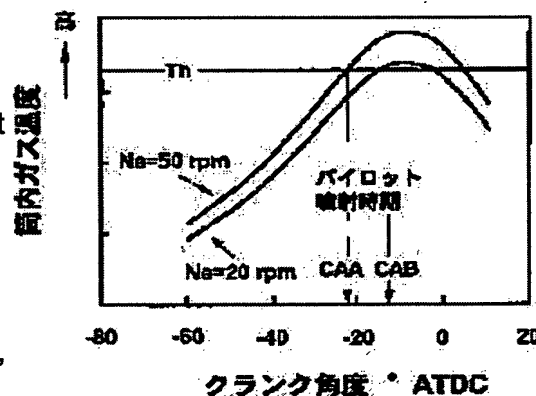
(22)Date of filing : 02.08.2000 (72)Inventor : OGAWA HIROSHI

## (54) FUEL INJECTION CONTROLLER OF DIESEL ENGINE

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To optimize injection start time of pilot injection and improve the ignition property when a diesel engine is started at a low temperature.

SOLUTION: A small amount of fuel is injected as pilot injection prior to main injection in accordance with an operation condition of the engine. Although gas temperature in a cylinder rises in accordance with a crank angle in a compression process, the gas temperature in the cylinder is reduced on the whole if, for example, the number of cranking revolutions is small. Crank angles (CAA, CAB) at which the gas temperature in the cylinder reaches a predetermined temperature  $T_h$  are calculated based on a suction air temperature, and the time when the gas temperature in the cylinder exceeds the predetermined temperature  $T_h$  is set as injection start time of pilot injection. By setting the predetermined temperature  $T_h$  close to a low temperature oxidation reaction start temperature of fuel, the injected fuel is securely ignited and satisfactory ignition property and low temperature start property are obtained.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other  
than the examiner's decision of rejection or  
application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of requesting appeal against  
examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

**\* NOTICES \***

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**


---

[Claim(s)]

[Claim 1] The combustion injection control unit of the diesel power plant characterized by having the fuel-injection means which can perform pilot injection before the main injection of a fuel according to operational status, and a pilot fuel-injection-timing setting means to set up the injection initiation stage of the above-mentioned pilot injection at the stage when the gas temperature in a cylinder in a cycle turns into beyond predetermined temperature.

[Claim 2] The above-mentioned pilot fuel-injection-timing setting means is the fuel-injection control unit of the diesel power plant according to claim 1 characterized by setting up the injection initiation stage of the above-mentioned pilot injection at the stage when the gas temperature in a cylinder in a cycle turns into beyond predetermined temperature when engine cooling water temperature is below predetermined water temperature.

[Claim 3] The above-mentioned pilot fuel-injection-timing setting means is the fuel-injection control unit of the diesel power plant according to claim 1 characterized by setting up the injection initiation stage of the above-mentioned pilot injection at the stage when the gas temperature in a cylinder in a cycle turns into beyond predetermined temperature at the time of engine starting.

[Claim 4] The above-mentioned pilot fuel-injection-timing setting means is the fuel-injection control unit of the diesel power plant according to claim 1 to 3 characterized by carrying out slight amount tooth-lead-angle amendment of the injection initiation stage of pilot injection when the fuel injection pressure of the above-mentioned fuel-injection means is low.

[Claim 5] The above-mentioned pilot fuel-injection-timing setting means is the fuel-injection control unit of the diesel power plant according to claim 1 to 4 characterized by carrying out slight amount tooth-lead-angle amendment of the injection initiation stage of pilot injection when an engine speed is high.

[Claim 6] The above-mentioned predetermined temperature is the fuel-injection control unit of the diesel power plant according to claim 1 to 5 characterized by the pyrolysis of a fuel being the temperature near [ which is generated first ] temperature.

[Claim 7] The above-mentioned gas temperature in a cylinder is the fuel-injection control unit of the diesel power plant according to claim 1 to 6 characterized by being computed based on a degree type (1).

$T = PV / (Mall \times R) \text{ -- (1)}$

However, the gas temperature in T:cylinder, the cylinder internal pressure called for from the mean-specific-heat ratio of P:gas, the cylinder content volume which changes according to V:crank angle, the number of mols of the whole gas in a cylinder which becomes settled from the conditions of Mall:inhalation of air, R: Gas constant.

[Claim 8] The fuel-injection control unit of the diesel power plant according to claim 1 to 7 characterized by applying a compression ratio to 16 or less low compression ratio engine.

---

[Translation done.]

**\* NOTICES \***

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**DETAILED DESCRIPTION**

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to amelioration of the fuel-injection control unit of a diesel power plant, and the fuel-injection control unit which injected the little fuel as pilot injection in advance of the main injection especially.

[0002]

[Description of the Prior Art] In the diesel power plant, the approach of injecting a little fuel as the so-called pilot injection in advance of the main injection for reduction of a combustion noise or control of NOx is learned from the former.

[0003] And in order to optimize fuel injection timing of this pilot injection, carrying out the tooth lead angle of the pilot fuel injection timing in consideration of whenever [ cylinder internal temperature ] during engine warming up is indicated by JP,11-294228,A. While detecting for example, cooling water temperature as engine temperature, specifically, pilot fuel injection timing is controlled to detect an OAT, and to make the amount of tooth lead angles of pilot fuel injection timing to the stage of the main injection into size, so that the temperature differential which subtracted the OAT from engine temperature is small. That is, he is trying to obtain pilot fuel injection timing more appropriately compared with what only controls the amount of tooth lead angles of pilot fuel injection timing only from water temperature by controlling based on the above-mentioned temperature differential since latter one of white smoke will decrease even if water temperature and an OAT are in agreement immediately after starting, and water temperature has become higher in the middle of warming up than an OAT and it is the same water temperature.

[0004]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, between whenever [ engine-coolant water temperature and engine cylinder internal temperature ], gross errors are comparatively, and it is not completely in agreement. That is, since cooling water temperature changes after whenever [ cylinder internal temperature ] changes and the temperature of a cylinder wall changes, change of cooling water temperature is overdue as compared with change of the gas temperature in a cylinder. And as for this error, the time when a temperature-change rate is larger serves as size like [ under the time of starting or warming up ] especially. For example, the error at the time of starting and departing soon becomes large as compared with the error at the time of performing warming up gently by the idle state.

[0005] Moreover, it is not what paid its attention to an actual gas temperature in a cylinder which grasps whenever [ cylinder internal temperature ] as average temperature accompanying advance of warming up, and changes with the above-mentioned conventional technique according to the crank angle in a cycle.

[0006] Therefore, like above-mentioned before, when the initiation stage of pilot injection is determined based on the temperature differential of engine-coolant water temperature and an OAT, it may not necessarily restrict that the optimal stage has come, but ignitionability may get worse.

[0007] Moreover, if time amount (evaporation time amount) for the fuel injected by that a compression ratio is small by the drop since [ that cylinder internal pressure was low ] the gas temperature in a cylinder was low to evaporate is not made to increase when applying to an engine with a small compression ratio, the ignitionability of pilot injection will worsen. Although the

method of generally securing evaporation time amount by setting forward the initiation stage of injection is taken Since the gas temperature in a cylinder in the time becomes low so that an initiation stage is brought forward, If an initiation stage is brought forward too much, while becoming lower than temperature (temperature which a pyrolysis generates first) required for the gas temperature in a cylinder to evaporate, being in the condition in which the evaporation of a fuel itself is impossible and ignitionability's worsening, it is possible to be discharged as HC before it happens with a drop, without burning.

[0008] The purpose of this invention is in the place which controls discharge of HC before it happens while improving the ignitionability of pilot injection.

[0009]

[Means for Solving the Problem] The fuel-injection control unit of the diesel power plant concerning claim 1 is characterized by having the fuel-injection means which can perform pilot injection before the main injection of a fuel according to operational status, and a pilot fuel-injection-timing setting means to set up the injection initiation stage of the above-mentioned pilot injection at the stage when the gas temperature in a cylinder in a cycle turns into beyond predetermined temperature.

[0010] That is, although the gas in a cylinder follows on being compressed in a compression stroke and the gas temperature in a cylinder rises, the temperature is changed according to many factors, such as an engine speed and an intake-air temperature. In invention of claim 1, pilot injection is performed in the crank angle from which the gas temperature in this cylinder that changes serially turns into beyond predetermined temperature. Therefore, the injected pilot fuel will result in ignition combustion certainly, and will carry out ignition combustion of the fuel of the consecutive main injection good.

[0011] In addition, although the gas temperature in a cylinder may be detected directly natural, generally it is presumed from other engine parameters, such as an intake-air temperature, and an engine speed, inspired air volume.

[0012] In invention of claim 2 which materialized invention of claim 1 more, the above-mentioned pilot fuel-injection-timing setting means sets up the injection initiation stage of the above-mentioned pilot injection at the stage when the gas temperature in a cylinder in a cycle turns into beyond predetermined temperature, when engine cooling water temperature is below predetermined water temperature.

[0013] That is, at the time between the colds, if the gas temperature in a cylinder falls as a whole and does not set up the injection initiation stage of pilot injection appropriately, it will be easy to produce the increment in a discharge unburnt [ HC ], and a flame failure. In this invention, since pilot injection is performed in the crank angle from which the gas temperature in a cylinder turns into beyond predetermined temperature also such at the time between the colds, a pilot fuel carries out ignition combustion certainly.

[0014] In invention of claim 3 which materialized invention of claim 1 more, the above-mentioned pilot fuel-injection-timing setting means sets up the injection initiation stage of the above-mentioned pilot injection at the stage when the gas temperature in a cylinder in a cycle turns into beyond predetermined temperature at the time of engine starting.

[0015] Under the low engine speed by cranking, although the gas temperature in a cylinder falls as a whole too, since pilot injection is performed also on such conditions in the crank angle from which the gas temperature in a cylinder turns into beyond predetermined temperature, it results in ignition combustion certainly and good startability is obtained by this invention.

[0016] Moreover, it is characterized by invention of claim 4 carrying out slight amount tooth-lead-angle amendment of the injection initiation stage of pilot injection when the above-mentioned pilot fuel-injection-timing setting means has the low fuel injection pressure of the above-mentioned fuel-injection means.

[0017] If fuel injection pressure is falling, extent of the atomization of the fuel spray will get worse and the ignition delay of the injected pilot fuel will serve as size. On the other hand, if the tooth lead angle of the injection initiation stage of pilot injection is usually carried out more slightly than the time, the ignition delay by the lack of atomization will be compensated, and it will result [ at a suitable stage ] certainly at ignition combustion. In addition, the gas temperature in a cylinder in the crank angle when carrying out a tooth lead angle in this way also needs to be beyond predetermined

temperature.

[0018] Moreover, it is characterized by invention of claim 5 carrying out slight amount tooth-lead-angle amendment of the injection initiation stage of pilot injection when the above-mentioned pilot fuel-injection-timing setting means has a high engine speed.

[0019] The real time will become short if an engine speed goes up. On the other hand, if the tooth lead angle of the injection initiation stage of pilot injection is carried out more slightly than the time of low rotation, the delay of the atomization by compaction of the real time or evaporation will be compensated, and it will result [ at a suitable stage ] certainly at ignition combustion. In addition, the gas temperature in a cylinder in the crank angle when carrying out a tooth lead angle in this way also needs to be beyond predetermined temperature.

[0020] As the above-mentioned predetermined temperature, it is desirable like claim 6 for the pyrolysis of a fuel to be the temperature, i.e., the temperature near low-temperature-oxidation threshold reaction temperature, generated first. If an actual gas temperature in a cylinder when pilot injection is performed is more than low-temperature-oxidation threshold reaction temperature in this way, after the pyrolysis of a fuel occurs, an ignition reaction will advance certainly. Ignition of a fuel is not performed below at this temperature.

[0021] Moreover, in invention of claim 7, the above-mentioned gas temperature in a cylinder is computed based on a degree type (1).

[0022]  $T = PV / (Mall \times R)$  -- (1)

However, the gas temperature in T:cylinder, the cylinder internal pressure called for from the mean-specific-heat ratio of P:gas, the cylinder content volume which changes according to V:crank angle, the number of mols of the whole gas in a cylinder which becomes settled from the conditions of Mall:inhalation of air, R: Gas constant.

[0023] Thus, by computing the gas temperature in a cylinder from the equation of state of gas, the gas temperature in a cylinder in the injection initiation stage of pilot injection is certainly maintainable to desired temperature compared with the case where conditions are presumed whenever [ cylinder internal temperature ] from cooling water temperature etc.

[0024] Moreover, a compression ratio is suitable for this invention in 16 or less low compression ratio engine like claim 8. Although the gas temperature in a cylinder generally becomes low with such a low compression ratio engine, good ignitionability is securable by making the injection initiation stage of pilot injection suitable.

[0025]

[Effect of the Invention] Since pilot injection is performed at the stage when an engine gas temperature in a cylinder turns into more than a predetermined gas temperature according to this invention, it is possible to be able to make ignition after pilot injection ensure and to obtain certainly improvement in the ignitionability which is the main effectiveness of pilot injection.

[0026] Since pilot injection is especially performed at the stage when the gas temperature in a cylinder turns into beyond predetermined temperature according to invention of claim 2 when engine cooling water temperature is below predetermined water temperature, it is possible to be able to make ignition after pilot injection ensure at the time of the cold machine with which an engine gas temperature in a cylinder falls on the whole, and to obtain certainly improvement in the ignitionability which is the main effectiveness of pilot injection.

[0027] Moreover, according to invention of claim 3, at the time of engine starting, since a pilot injection initiation stage is controlled similarly, also under the conditions of the low rotational frequency at the time of engine starting, ignition after pilot injection can be made to ensure and startability improves.

[0028] Furthermore, according to invention of claim 4, it is possible by being able to compensate the lack of atomization of the fuel spray when fuel injection pressure is falling, and making ignition after pilot injection ensure to obtain certainly improvement in the ignitionability which is the main effectiveness of pilot injection.

[0029] Similarly, according to invention of claim 5, it is possible by being able to compensate lack of the atomization of the fuel spray after the pilot injection accompanying compaction of the real time when an engine speed goes up, and evaporation, and making ignition after pilot injection ensure to obtain certainly improvement in the ignitionability which is the main effectiveness of pilot

injection.

[0030] And since the pyrolysis of a fuel is obtained highly, the temperature, i.e., the oxidation threshold reaction temperature, generated first, the gas temperature in a cylinder in the case of pilot injection can make the ignition reaction of the fuel after pilot injection much more ensure according to invention of claim 6.

[0031] Moreover, since the engine gas temperature in a cylinder itself is [ according to invention of claim 7 ] computable from cooling water temperature etc. unlike what presumes conditions whenever [ engine cylinder internal temperature ], the injection initiation stage of pilot injection can be determined appropriately, and ignitionability improves.

[0032] Moreover, according to invention of claim 8, the gas temperature in a cylinder is able to acquire good ignitionability also in a low compression ratio engine low on the whole.

[0033]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the gestalt of desirable implementation of this invention is explained to a detail based on a drawing.

[0034] Drawing 1 shows the overall configuration of the fuel-injection control unit of the diesel power plant concerning this invention. Based on this drawing, an engine 1 and its fuel-supply system are explained first.

[0035] The engine 1 is equipped with the fuel feed pump 2 outside, and a fuel is fed by the reciprocating motion of the plunger which this fuel feed pump 2 interior does not illustrate. A fuel is introduced into the above-mentioned fuel feed pump 2 through the inhalation path 4 from a fuel tank 3, and where a pressure up is carried out to an accumulator 6 through the regurgitation path 5, it is in arrears with the fed fuel.

[0036] The effective-stroke control valve 7 which controls the effective stroke of a plunger is formed, when the effective-stroke control valve 7 opens in the above-mentioned fuel feed pump 2 in the compression stroke of a plunger, feeding of a fuel is started from from by it, and according to this, the discharge quantity of a fuel feed pump 2 is determined as it. Moreover, the above-mentioned accumulator 6 is equipped with the pressure sensor 8 which detects the fuel pressure in an accumulator 6. The high-pressure fuel of the above-mentioned accumulator 6 is supplied to the fuel injection nozzle 10 of each gas column via the supply path 9, and is injected from the tip of this fuel injection nozzle 10 by the combustion chamber which consists of a cavity 12 formed in piston 11 top face in an engine 1, and a cylinder 13.

[0037] The fuel pressure in the above-mentioned accumulator 6 is controlled by the control unit 14. According to the fuel pressure in the accumulator 6 detected by the pressure sensor 8, the closing motion stage of the effective-stroke control valve 7 is controlled by the control signal from a control unit 14, and, specifically, the discharge quantity of a fuel feed pump 2 is determined. The above-mentioned effective-stroke control valve 7 is opened like the expansion line of the plunger in the above-mentioned fuel feed pump 2, and the discharge quantity of a fuel is changed by closing between required strokes in the compression stroke which carries out the regurgitation of the fuel. That is, when the fuel pressure in an accumulator 6 is lower than a predetermined value, by enlarging the amount of effective strokes, the pressure up of the fuel pressure is carried out, and when a pressure is conversely high, fuel pressure is decompressed by making the amount of effective strokes small.

[0038] the crank angle sensor 16 which detects whenever [ gas column distinction sensor / for gas column distinction of an engine 1 / 15, engine-speed, and crank angle ] in the above-mentioned control unit 14, and the accelerator opening sensor 17 which detects accelerator opening -- since -- a detecting signal is inputted, respectively. Moreover, it has the inhalation-of-air temperature sensor and coolant temperature sensor which are not illustrated, and these detecting signals are also inputted into the control unit 14. And a control unit 14 judges a service condition based on such accelerator opening Acc, engine-speed Ne, an intake-air temperature Tint, the cooling water temperature Tw, etc., and from the operation map set up beforehand, an injection pressure, the injection quantity, and the desired value of fuel injection timing are searched, respectively, and it controls the closing motion stage of the effective-stroke control valve 7 so that the fuel pressure in an accumulator 6 serves as desired value, while it sets up the closing motion stage of the control valve in a fuel injection nozzle 10 so that it may become this injection quantity and the desired value of fuel

injection timing.

[0039] Furthermore, it is possible by controlling the input signal to the control valve in a fuel injection nozzle 10 according to a service condition to divide fuel injection into pilot injection and the main injection, and to perform it. This pilot injection is injecting a little fuel beforehand before the main injection, and has effectiveness, such as control of the combustion noise by improvement in ignitionability, reduction of the NOx discharge by reduction of the amount of initial combustion, and reduction of the rate of a pressure buildup. Therefore, for example at the time between the colds, in order to mainly aim at improvement in ignitionability, pilot injection is applied and pilot injection is applied to control a combustion noise in the time of an inside load etc.

[0040] Especially, while an OAT falls at the time of starting between the colds between the colds, the gas temperature in a cylinder also falls to coincidence because the cooling water temperature  $T_w$  of an engine 1 falls. Therefore, aggravation of startability will be caused because are easy to produce the increment in a discharge unburnt [ HC ] at the time of combustion or a flame failure tends to happen. So, when the operational status of an engine 1 is in the condition between the colds based on signals, such as the accelerator opening Acc inputted into a control unit 14, engine-speed  $N_e$ , and the cooling water temperature  $T_w$ , or when it is detected that it is in the condition of starting between the colds, the control valve in a fuel injection nozzle 10 is controlled in order to perform pilot injection. And to the injection quantity of pilot injection and the main injection, fuel injection timing, and a pan, an injection pressure is controlled the optimal here at coincidence.

[0041] When applying pilot injection at the time of starting between the colds between the colds, he computes the gas temperature in a cylinder of the combustion chamber which consists of the cavities 12 and cylinders 13 which were formed in piston 11 top face in an engine 1, and is trying to set up fuel injection timing of pilot injection especially in this example at the stage (crank angle) when the gas temperature in the cylinder which changes serially in connection with a crank angle turns into beyond predetermined temperature.

[0042] The gas temperature in a cylinder in an engine 1 is changed according to many factors, such as an engine speed and an intake-air temperature. Drawing 2 shows the change to the crank angle of the gas temperature in a cylinder at the time of being the low rotational frequency at which an engine speed is equivalent to cranking at the time of starting. When an engine speed is higher 50rpm although the gas temperature in a cylinder rises with compression with a piston 11 so that it may illustrate, as compared with the case of 20rpm of a lower rotational frequency, the gas temperature in a cylinder becomes high as a whole, and the compression edge temperature in a top dead center also rises. In this example, when it becomes beyond a predetermined value with the gas temperature in a cylinder which changes in this way, the injection initiation stage of pilot injection is set up so that pilot injection may be performed. In drawing 2, if predetermined temperature of the gas temperature in a cylinder is set to  $T_h$ , since whenever [ crank angle / until it results in this predetermined temperature  $T_h$  ] will be overdue by 20rpm of a low rotational frequency to the injection initiation stage of pilot injection being set as the crank angle CAA which results in this predetermined temperature  $T_h$  in high 50rpm of an engine speed, it is set to CAB which was late for Above CAA by the crank angle of the injection initiation stage of pilot injection.

[0043] On the other hand, when performing such pilot injection, generally fuel injection timing of the main injection will be set up near a top dead center or before it from a demand of the point of the exhaust air engine performance or the noise oscillating engine performance. However, when the gas temperature in a cylinder is low as a whole as mentioned above (in for example, the case of the above-mentioned 20rpm), pilot fuel injection timing will approach a top dead center. Spacing  $\Delta IT$  of pilot injection and the main injection is restricted by the capacity of the control valve in a fuel injection nozzle 10, and serves as 5-10-degreeCA extent by min here. Therefore, when pilot fuel injection timing approaches a top dead center with the gas temperature in a cylinder, fuel injection timing of the main injection will be amended in consideration of this  $\Delta IT$ .

[0044] The predetermined value of the gas temperature in a cylinder for determining the injection initiation stage of pilot injection here is set up temperature, i.e., near the low-temperature-oxidation threshold reaction temperature of a fuel, from which the ignition reaction of a fuel tends to occur. This is the temperature of the proper which becomes settled according to the component of a fuel, and the pyrolysis of a fuel is the temperature generated first. After the pyrolysis of this fuel occurs,



an ignition reaction will advance. That is, ignition of a fuel will be performed below with this low-temperature-oxidation threshold reaction temperature. Therefore, after the gas temperature in a cylinder of an engine 1 reaches this temperature, by performing pilot injection, it is possible to make ignition after pilot injection ensure, and improvement in the exhaust air engine performance by improvement in ignitionability and the improvement in startability at the time of engine 1 starting are obtained.

[0045] Next, the control flow performed in the above-mentioned control unit 14 is explained based on the flow chart of drawing 3. First, at step 401, detecting signals, such as engine-speed  $N_e$ , the accelerator opening  $Acc$ , an intake-air temperature  $T_{int}$ , inspired air volume  $Q_a$ , and the cooling water temperature  $T_w$ , are read. Although the operational status of an engine 1 is judged from these signals, step 402 compares the cooling water temperature  $T_w$  detected from the coolant temperature sensor, and the predetermined value set up beforehand. When the cooling water temperature  $T_w$  is lower than a predetermined value, an engine 1 judges that it is in a cold machine condition, and progresses to step 403 here. As for this, the same is said of the case at the time of starting in the cold machine condition. At step 403, CAP is computed based on the operational status at that time whenever [ crank angle / to which the gas temperature in a cylinder of an engine 1 reaches the predetermined temperature set up beforehand ]. Next, at step 405, the signal of a pressure sensor 8 formed in the accumulator 6 detects the fuel pressure  $P_r$  in an accumulator 6, and this fuel pressure  $P_r$  is measured with a predetermined value. When fuel pressure  $P_r$  is higher than a predetermined value, it progresses to step 407. At step 407, as compared with a predetermined value, an engine speed  $N_e$  is progressed to step 408, when this engine speed  $N_e$  is lower than a predetermined value. At step 408, it is set as crank angle CAP which asked for the injection initiation stage of pilot injection at step 403, and progresses to step 410.

[0046] On the other hand, when an engine speed  $N_e$  is lower than a predetermined value, it progresses to the case where the fuel pressure in an accumulator 6 is lower than a predetermined value, at step 406, and it progresses to step 409 at step 407, and it is set as the value, i.e., CAP-delta CA, to which only delta CA carried out the tooth lead angle of the setting crank angle of a pilot injection initiation stage from Above CAP, and progresses to step 410.

[0047] At step 410, the fuel injection timing CAM of the main injection is set up in consideration of the operational status of an engine 1, and the injection initiation stage (CAP or CAP-delta CA) of pilot injection. The control valve in a fuel injection nozzle 10 is controlled by other routines which are not illustrated according to these set-up injection initiation stages.

[0048] Moreover, at step 402, when the cooling water temperature  $T_w$  is higher than a predetermined value, an engine 1 judges that it is in a warming-up completion condition, progresses to step 404, and injection conditions (the injection quantity, fuel injection timing, existence of pilot injection) are set up according to the operation map beforehand set up according to the operational status of an engine 1.

[0049] Here, the calculation approach of CAP is explained whenever [ crank angle / which is performed in step 403 ].

[0050] Gas-temperature in cylinder T is called for by the equation of state showing in a degree type (1).

[0051]  $T = PV / (M_{all} \cdot R) \quad \text{-- (1)}$

However, P: cylinder internal pressure, the volume in V: cylinder, the  $M_{all}$ : total number of working-medium mols, R: It is a gas constant.

[0052] Therefore, gas temperature in a cylinder required for \*\* injection initiation stage (this is more highly set up a little from the low-temperature-oxidation threshold reaction temperature mentioned above.) Or a fixed safety factor may be applied and computed to low-temperature-oxidation threshold reaction temperature. Based on three items of the total number of working medium mols called for according to inhalation-of-air conditions, such as the \*\* intake-air temperature  $T_{int}$  and inspired air volume  $Q_a$ , the cylinder internal pressure computed from enthalpy balance using the mean-specific-heat ratio of \*\* working medium, and \*\*, the volume in the cylinder when reaching predetermined temperature is computed from the above-mentioned equation of state (1). And CAP is computed whenever [ according to this volume / crank angle ]. Thus, whenever [ crank angle / which was searched for ], CAP is whenever [ crank angle / from which the gas temperature in a cylinder

turns into predetermined temperature ], and serves as fuel injection timing which should perform pilot injection.

[0053] In addition, it becomes possible as predetermined temperature of the gas temperature in a cylinder to carry out the tooth lead angle of the crank angle at step 409 as mentioned above by setting up more highly from the low-temperature-oxidation threshold reaction temperature of a fuel. However, it is necessary to set  $\Delta CA$  as the range in which the gas temperature in a cylinder in an injection initiation stage is not less than low-temperature-oxidation threshold reaction temperature with this tooth-lead-angle amendment.

[0054] Thus, since the injection initiation stage of pilot injection is set up so that whenever [ crank angle / which becomes beyond predetermined temperature with the gas temperature in a cylinder in a cycle in this example according to the service condition of an engine 1 ] may be computed and pilot injection may be performed in the crank angle, it becomes possible to make ignition after pilot injection ensure, and control of a discharge unburnt [ HC ] and improvement in startability can be obtained.

[0055] Moreover, when an injection pressure declines, the fall of the ignitionability by the lack of atomization of the fuel spray when an injection pressure declines, i.e., formation of gaseous mixture, being overdue can be compensated with carrying out tooth-lead-angle amendment of the pilot fuel injection timing.

[0056] Even when similarly an engine speed goes up and the real time becomes short, the fall of ignitionability can be avoided by carrying out tooth-lead-angle amendment of the pilot fuel injection timing.

[0057] Furthermore, in the engine equipped with the good fluctuation valve system which changes inspired air volume by changing an inhalation-of-air valve-closing time term, and the engine equipped with the adjustable compression ratio device, although the gas temperature in a cylinder may change with change of a real compression ratio If whenever [ crank angle / which becomes like this example beyond predetermined temperature with the gas temperature in a cylinder ] is computed and it is made to perform pilot injection to whenever [ crank angle ], according to change of the gas temperature in a cylinder accompanying change of a real compression ratio, it will become possible to set up suitable pilot fuel injection timing.

[0058] Moreover, when it seems that the compression ratio of an engine 1 itself is reduced in order to aim at improvement in a horsepower output, according to this example, it becomes possible to avoid the fall of startability and the increment in an unburnt HC discharge by the gas-temperature fall in a cylinder which poses a problem in the time between the colds, or a low-speed low loading region.

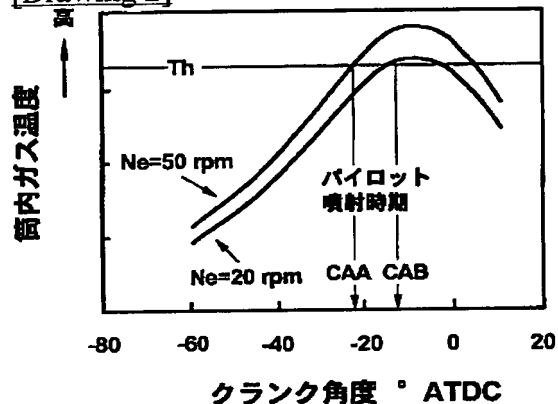
---

[Translation done.]

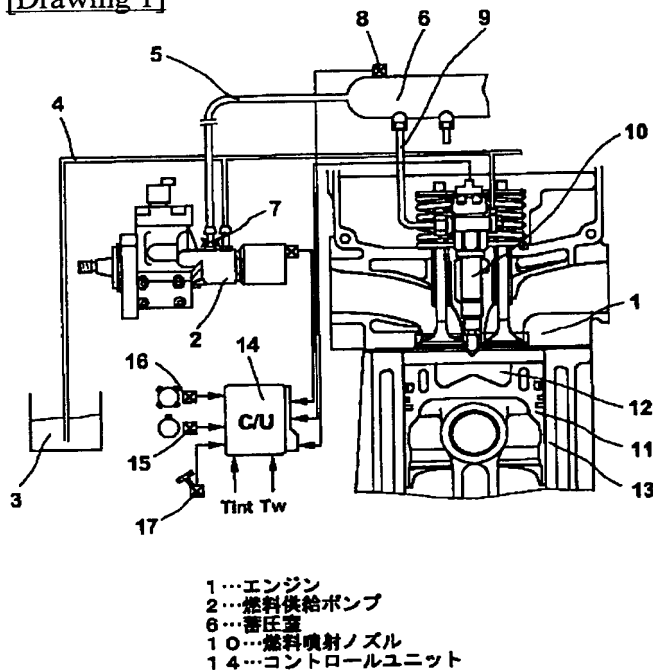
JPO and NCIPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

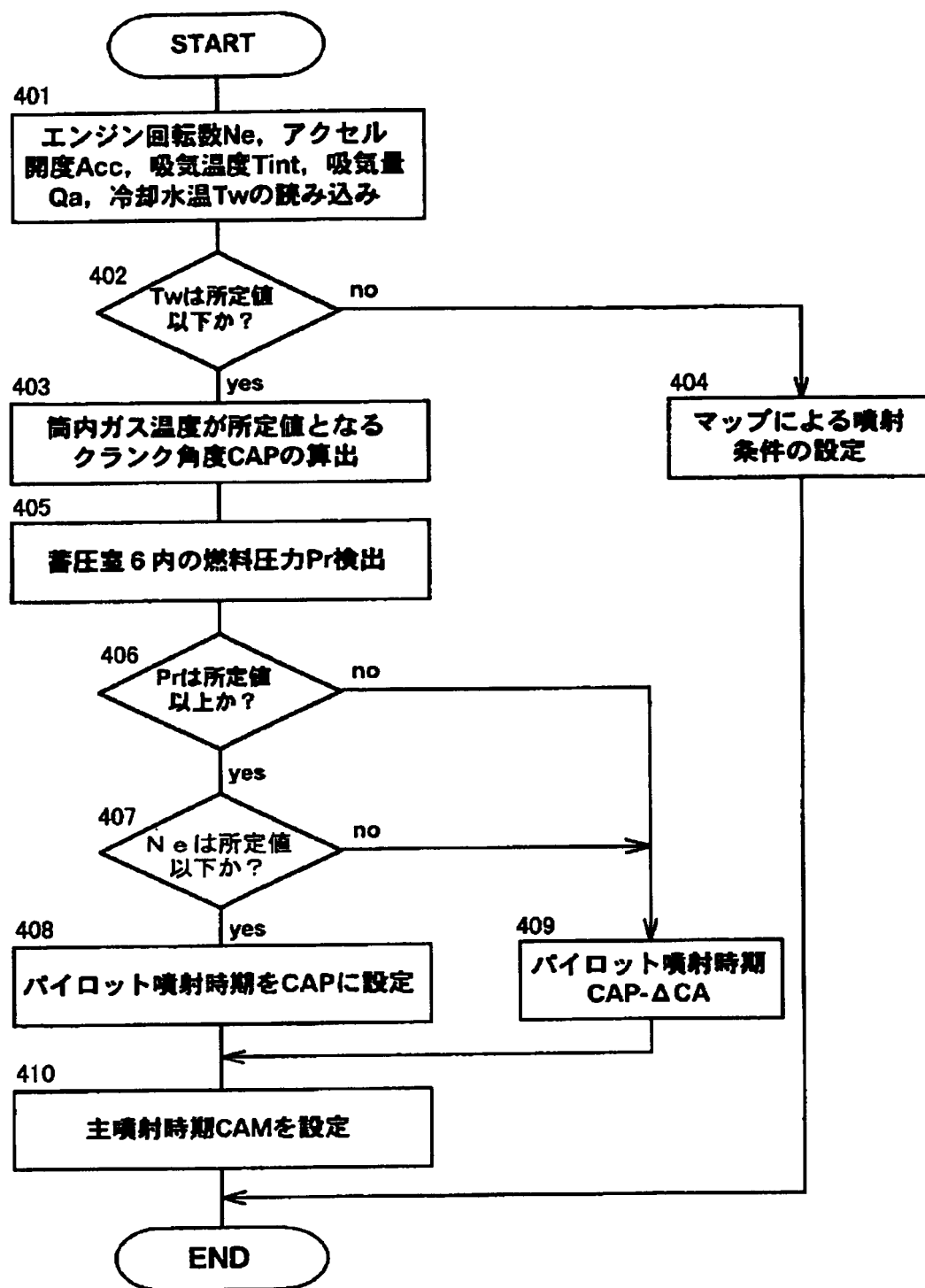
[Drawing 2]



[Drawing 1]



[Drawing 3]



[Translation done.]

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **2002047976 A**

(43) Date of publication of application: **15.02.02**

(51) Int. Cl.

**F02D 41/06**  
**F02D 41/38**  
**F02D 45/00**

(21) Application number: **2000233814**

(22) Date of filing: **02.08.00**

(71) Applicant: **NISSAN MOTOR CO LTD**

(72) Inventor: **OGAWA HIROSHI**

(54) **FUEL INJECTION CONTROLLER OF DIESEL ENGINE**

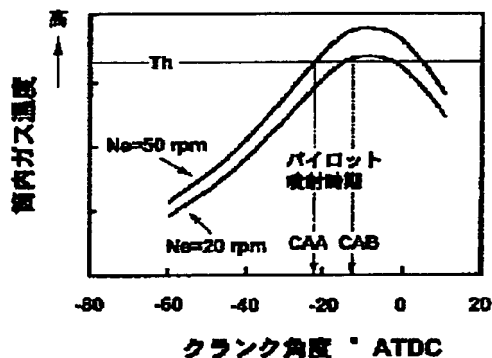
property are obtained.

COPYRIGHT: (C)2002,JPO

(57) Abstract

PROBLEM TO BE SOLVED: To optimize injection start time of pilot injection and improve the ignition property when a diesel engine is started at a low temperature.

SOLUTION: A small amount of fuel is injected as pilot injection prior to main injection in accordance with an operation condition of the engine. Although gas temperature in a cylinder rises in accordance with a crank angle in a compression process, the gas temperature in the cylinder is reduced on the whole if, for example, the number of cranking revolutions is small. Crank angles (CAA, CAB) at which the gas temperature in the cylinder reaches a predetermined temperature  $T_h$  are calculated based on a suction air temperature, and the time when the gas temperature in the cylinder exceeds the predetermined temperature  $T_h$  is set as injection start time of pilot injection. By setting the predetermined temperature  $T_h$  close to a low temperature oxidation reaction start temperature of fuel, the injected fuel is securely ignited and satisfactory ignition property and low temperature start



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2002-47976  
(P2002-47976A)

(43) 公開日 平成14年2月15日 (2002.2.15)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	特許出願公開番号
F 0 2 D 41/06	3 8 5	F 0 2 D 41/06	3 8 5 S 3 G 0 8 4
41/38		41/38	B 3 G 3 0 1
45/00	3 1 4	45/00	3 1 4 Q
			3 1 4 B
	3 6 8		3 6 8 S
審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 9 頁)			

(21) 出願番号 特願2000-233814(P2000-233814)

(22) 出願日 平成12年8月2日 (2000.8.2)

(71) 出願人 000003997

日産自動車株式会社  
神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地

(72) 発明者 小川 弘志

神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産  
自動車株式会社内

(74) 代理人 100062199

弁理士 志賀 富士弥 (外3名)

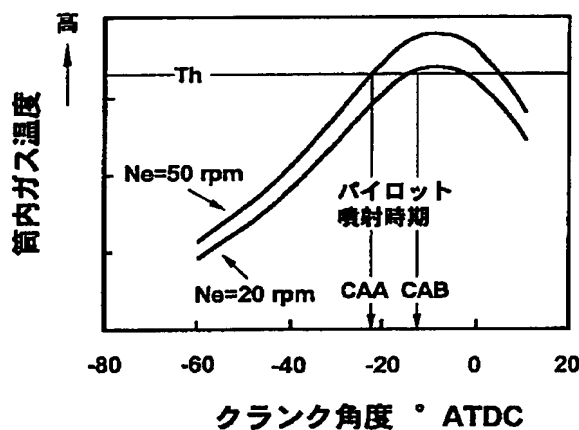
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ディーゼルエンジンの燃料噴射制御装置

(57) 【要約】

【課題】 低温始動時などにパイロット噴射の噴射開始時期を最適化し、着火性を向上させる。

【解決手段】 エンジンの運転状態に応じて、主噴射に先立って少量の燃料をパイロット噴射として噴射するようになっている。筒内ガス温度は、圧縮行程においてクランク角に応じて上昇するが、例えばクランキング回転数が低いと、筒内ガス温度は全体として低くなる。吸気温度などから筒内ガス温度が所定温度  $T_h$  に達するクランク角 (CAA, CAB) が算出され、この所定温度  $T_h$  以上となる時期が、パイロット噴射の噴射開始時期として設定される。所定温度  $T_h$  を、燃料の低温酸化反応開始温度付近に設定することにより、噴射した燃料が確実に着火し、良好な着火性、低温始動性が得られる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 運転状態に応じて燃料の主噴射の前にパイロット噴射を行うことが可能な燃料噴射手段と、上記パイロット噴射の噴射開始時期を、サイクル中の筒内ガス温度が所定温度以上となる時期に設定するパイロット噴射時期設定手段と、を備えることを特徴とするディーゼルエンジンの燃焼噴射制御装置。

【請求項2】 上記パイロット噴射時期設定手段は、エンジンの冷却水温が所定水温以下のときに、上記パイロット噴射の噴射開始時期を、サイクル中の筒内ガス温度が所定温度以上となる時期に設定することを特徴とする請求項1に記載のディーゼルエンジンの燃料噴射制御装置。

【請求項3】 上記パイロット噴射時期設定手段は、エンジンの始動時に、上記パイロット噴射の噴射開始時期を、サイクル中の筒内ガス温度が所定温度以上となる時期に設定することを特徴とする請求項1に記載のディーゼルエンジンの燃料噴射制御装置。

【請求項4】 上記パイロット噴射時期設定手段は、上記燃料噴射手段の燃料噴射圧が低いときに、パイロット噴射の噴射開始時期を微量進角補正することを特徴とする請求項1～3のいずれかに記載のディーゼルエンジンの燃料噴射制御装置。

【請求項5】 上記パイロット噴射時期設定手段は、エンジン回転数が高いときに、パイロット噴射の噴射開始時期を微量進角補正することを特徴とする請求項1～4のいずれかに記載のディーゼルエンジンの燃料噴射制御装置。

【請求項6】 上記所定温度は、燃料の熱分解が最初に発生する温度付近の温度であることを特徴とする請求項1～5のいずれかに記載のディーゼルエンジンの燃料噴射制御装置。

【請求項7】 上記筒内ガス温度は、次式(1)に基づいて算出されることを特徴とする請求項1～6のいずれかに記載のディーゼルエンジンの燃料噴射制御装置。

$$T = PV / (M_{all} \times R) \quad \dots (1)$$

但し、T：筒内ガス温度、P：ガスの平均比熱比から求められる筒内圧力、V：クランク角に応じて変化する筒内容積、 $M_{all}$ ：吸気条件から定まる筒内ガスの全体のモル数、R：ガス定数。

【請求項8】 圧縮比が16以下の低圧縮比エンジンに適用されたことを特徴とする請求項1～7に記載のディーゼルエンジンの燃料噴射制御装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、ディーゼルエンジンの燃料噴射制御装置、特に、主噴射に先立って少量の燃料をパイロット噴射として噴射するようにした燃料噴射制御装置の改良に関する。

## 【0002】

【従来の技術】ディーゼルエンジンにおいて、従来から、燃焼騒音の低減やNOxの抑制のために、主噴射に先立って少量の燃料をいわゆるパイロット噴射として噴射する方法が知られている。

【0003】そして、このパイロット噴射の噴射時期を最適化するために、特開平11-294228号公報には、エンジンの暖機中に、筒内温度を考慮してパイロット噴射時期を進角させることが開示されている。具体的には、エンジン温度として例えば冷却水温を検出するとともに、外気温度を検出し、エンジン温度から外気温度を減じた差温が小さいほど、主噴射の時期に対するパイロット噴射時期の進角量を大とするように、パイロット噴射時期を制御している。つまり、始動直後は、水温と外気温度とが一致しており、また、暖機途中では水温が外気温度よりも高くなっており、仮に同一の水温であっても、後者の方が白煙が少なくなるので、上記の差温に基づいて制御することで、単に水温のみからパイロット噴射時期の進角量を制御するものに比べて、より適切にパイロット噴射時期を得るようにしているのである。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、エンジン冷却水温とエンジンの筒内温度との間には比較的大きな誤差があり完全には一致しない。つまり、冷却水温は筒内温度が変化した後シリンダ壁の温度が変化してから変化するため、冷却水温の変化は筒内ガス温度の変化に比して遅れる。そして、この誤差は、特に始動時や暖機中のように温度変化速度が大きいときほど大となる。例えば、始動して直に発進した場合の誤差は、アイドル状態で緩やかに暖機を行った場合の誤差に比して大きくなる。

【0005】また、上記従来技術では、筒内温度を暖機の進行に伴う平均的な温度として把握しており、サイクル中のクランク角に応じて変化する実際の筒内ガス温度に着目したものではない。

【0006】従って、上記従来のように、エンジン冷却水温と外気温度との差温に基づいてパイロット噴射の開始時期を決定した場合、必ずしも最適な時期になっていとはならず、着火性が悪化する場合がある。

【0007】また、圧縮比が小さいエンジンへ適用する場合、圧縮比が小さいことにより筒内圧力が低く筒内ガス温度が低いため、液滴で噴射された燃料が気化するための時間（気化時間）を増加させないと、パイロット噴射の着火性が悪くなる。一般には、噴射の開始時期を進めることで気化時間を確保する方法が採られるが、開始時期を早めるほど、その時点での筒内ガス温度は低くなるため、開始時期を早めすぎると、筒内ガス温度が気化するのに必要な温度（熱分解が最初に発生する温度）より低くなり、燃料の気化そのものが不可能な状態となって着火性が悪くなるとともに、燃焼せずに液滴のまま未燃HCとして排出されることが考えられる。

【0008】本発明の目的は、パイロット噴射の着火性を改善するとともに未燃HCの排出を抑制するところにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】請求項1に係るディーゼルエンジンの燃料噴射制御装置は、運転状態に応じて燃料の主噴射の前にパイロット噴射を行うことが可能な燃料噴射手段と、上記パイロット噴射の噴射開始時期を、サイクル中の筒内ガス温度が所定温度以上となる時期に設定するパイロット噴射時期設定手段と、を備えることを特徴としている。

【0010】すなわち、圧縮行程において筒内ガスが圧縮されるに伴って筒内ガス温度は上昇するが、その温度は、エンジン回転数や吸気温度等の諸要因により変動する。請求項1の発明では、この逐次変化する筒内ガス温度が所定温度以上となるクランク角においてパイロット噴射が行われる。従って、噴射されたパイロット燃料は、確実に着火燃焼に至り、後続の主噴射の燃料を良好に着火燃焼させることになる。

【0011】なお、筒内ガス温度は、勿論直接に検出してもよいが、一般には、吸気温度やエンジン回転数、吸気量、などの他のエンジンパラメータから推定される。

【0012】請求項1の発明をより具体化した請求項2の発明では、上記パイロット噴射時期設定手段は、エンジンの冷却水温が所定水温以下のときに、上記パイロット噴射の噴射開始時期を、サイクル中の筒内ガス温度が所定温度以上となる時期に設定する。

【0013】つまり、冷間時には、筒内ガス温度が全体として低下し、パイロット噴射の噴射開始時期を適切に設定しないと、未燃HCの排出量増加や失火が生じやすい。本発明では、このような冷間時にも、筒内ガス温度が所定温度以上となるクランク角においてパイロット噴射が行われるので、パイロット燃料は確実に着火燃焼する。

【0014】請求項1の発明をより具体化した請求項3の発明では、上記パイロット噴射時期設定手段は、エンジンの始動時に、上記パイロット噴射の噴射開始時期を、サイクル中の筒内ガス温度が所定温度以上となる時期に設定する。

【0015】クランキングによる低いエンジン回転数の下では、やはり筒内ガス温度が全体として低下するが、本発明では、このような条件でも、筒内ガス温度が所定温度以上となるクランク角においてパイロット噴射が行われるので、確実に着火燃焼に至り、良好な始動性が得られる。

【0016】また、請求項4の発明は、上記パイロット噴射時期設定手段は、上記燃料噴射手段の燃料噴射圧が低いときに、パイロット噴射の噴射開始時期を微量進角補正することを特徴としている。

【0017】燃料噴射圧が低下していると、燃料噴霧の

微粒化の程度が悪化し、噴射されたパイロット燃料の着火遅れが大となる。これに対し、パイロット噴射の噴射開始時期を通常時よりも僅かに進角させれば、微粒化不足による着火遅れを補って、適切な時期に確実に着火燃焼に至る。なお、このように進角させたときのクランク角における筒内ガス温度も、所定温度以上である必要がある。

【0018】また、請求項5の発明は、上記パイロット噴射時期設定手段は、エンジン回転数が高いときに、パイロット噴射の噴射開始時期を微量進角補正することを特徴としている。

【0019】エンジン回転数が上昇すると、実時間が短くなる。これに対し、パイロット噴射の噴射開始時期を低回転時よりも僅かに進角させれば、実時間の短縮による微粒化や気化の遅れを補って、適切な時期に確実に着火燃焼に至る。なお、このように進角させたときのクランク角における筒内ガス温度も、所定温度以上である必要がある。

【0020】上記所定温度としては、請求項6のように、燃料の熱分解が最初に発生する温度つまり低温酸化反応開始温度付近の温度であることが望ましい。パイロット噴射が行われたときの実際の筒内ガス温度が、このように低温酸化反応開始温度以上であれば、燃料の熱分解が発生した後、確実に着火反応が進行する。この温度以下では、燃料の着火は行われない。

【0021】また、請求項7の発明では、上記筒内ガス温度は、次式(1)に基づいて算出される。

$$【0022】T = PV / (Ma11 \times R) \quad \dots (1)$$

但し、T：筒内ガス温度、P：ガスの平均比熱比から求められる筒内圧力、V：クランク角に応じて変化する筒内容積、Ma11：吸気条件から定まる筒内ガスの全体のモル数、R：ガス定数。

【0023】このようにガスの状態方程式から筒内ガス温度を算出することにより、冷却水温等から筒内温度条件を推定する場合に比べて、パイロット噴射の噴射開始時期における筒内ガス温度を確実に所望の温度に維持することができる。

【0024】また、本発明は、請求項8のように、圧縮比が16以下の低圧縮比エンジンに好適である。このような低圧縮比エンジンでは、一般に筒内ガス温度が低くなるが、パイロット噴射の噴射開始時期を適切にすることで、良好な着火性を確保できる。

【0025】

【発明の効果】本発明によれば、エンジンの筒内ガス温度が所定のガス温度以上となる時期にパイロット噴射が行われるので、パイロット噴射後の着火を確実に行わせることができ、パイロット噴射の主要な効果である着火性の向上を確実に得ることが可能である。

【0026】特に、請求項2の発明によれば、エンジンの冷却水温が所定の水温以下の場合に、筒内ガス温度が



所定温度以上となる時期にパイロット噴射を行うので、エンジンの筒内ガス温度が全体的に低下する冷機時においても、パイロット噴射後の着火を確実にに行わせることができ、パイロット噴射の主要な効果である着火性の向上を確実に得ることが可能である。

【0027】また、請求項3の発明によれば、エンジンの始動時に、同様にパイロット噴射開始時期を制御するので、エンジンの始動時における低い回転数の条件下でも、パイロット噴射後の着火を確実にに行わせることができ、始動性が向上する。

【0028】さらに、請求項4の発明によれば、燃料噴射圧が低下している場合の燃料噴霧の微粒化不足を補うことができ、パイロット噴射後の着火を確実にに行わせることによって、パイロット噴射の主要な効果である着火性の向上を確実に得ることが可能である。

【0029】同様に、請求項5の発明によれば、エンジン回転数が上昇した場合の実時間の短縮に伴うパイロット噴射後の燃料噴霧の微粒化や気化の不足を補うことができ、パイロット噴射後の着火を確実にに行わせることによって、パイロット噴射の主要な効果である着火性の向上を確実に得ることが可能である。

【0030】そして、請求項6の発明によれば、パイロット噴射の際の筒内ガス温度が、燃料の熱分解が最初に発生する温度つまり酸化反応開始温度よりも高く得られるので、パイロット噴射後の燃料の着火反応を一層確実にに行わせることができる。

【0031】また、請求項7の発明によれば、冷却水温等からエンジンの筒内温度条件を推定するものと異なり、エンジンの筒内ガス温度そのものを算出できるため、パイロット噴射の噴射開始時期を適切に決定することができ、着火性が向上する。

【0032】また請求項8の発明によれば、筒内ガス温度が全体的に低い低圧縮比エンジンにおいても良好な着火性を得ることが可能である。

【0033】

【発明の実施の形態】以下、この発明の好ましい実施の形態を図面に基づいて詳細に説明する。

【0034】図1は、この発明に係るディーゼルエンジンの燃料噴射制御装置の全体的構成を示している。この図に基づいて、まず、エンジン1およびその燃料供給系を説明する。

【0035】エンジン1は、外部に燃料供給ポンプ2を備えており、この燃料供給ポンプ2内部の図示しないプランジャの往復運動によって燃料が圧送される。燃料は、燃料タンク3から吸入通路4を介して上記燃料供給ポンプ2に導入され、圧送された燃料は、吐出通路5を経て蓄圧室6に昇圧された状態で溜められる。

【0036】上記燃料供給ポンプ2には、プランジャの有効ストロークを制御する有効ストローク制御弁7が設けられており、プランジャの圧縮行程において有効スト

ローク制御弁7が開弁したときから燃料の圧送が開始され、これに応じて燃料供給ポンプ2の吐出量が決定される。また、上記蓄圧室6には、蓄圧室6内の燃料圧力を検出する圧力センサ8が備えられている。上記蓄圧室6の高圧燃料は、供給通路9を経由して各気筒の燃料噴射ノズル10に供給され、該燃料噴射ノズル10の先端から、エンジン1内のピストン11頂面に形成されたキャビティ12とシリンダ13とから構成される燃焼室内に噴射される。

10 【0037】上記蓄圧室6内の燃料圧力はコントロールユニット14により制御されている。具体的には、圧力センサ8により検出された蓄圧室6内の燃料圧力に応じて、コントロールユニット14からの制御信号により有効ストローク制御弁7の開閉時期が制御され、燃料供給ポンプ2の吐出量が決定される。上記有効ストローク制御弁7は、上記燃料供給ポンプ2内のプランジャの膨張行程では開き、燃料を吐出する圧縮行程では、必要なストロークの間だけ閉じることにより燃料の吐出量を変更する。すなわち、蓄圧室6内の燃料圧力が所定値より低い場合は有効ストローク量を大きくすることにより燃料圧力を昇圧させ、逆に圧力が高い場合は有効ストローク量を小さくすることにより燃料圧力を減圧するようになっている。

【0038】上記コントロールユニット14には、エンジン1の気筒判別のための気筒判別センサ15、エンジン回転数およびクランク角度を検出するクランク角センサ16、アクセル開度を検出するアクセル開度センサ17、からそれぞれ検出信号が入力される。また、図示せぬ吸気温度センサや水温センサを備え、これらの検出信号もコントロールユニット14に入力されている。そして、コントロールユニット14は、これらのアクセル開度Acc、エンジン回転数Ne、吸気温度Tintや冷却水温Twなどに基づいて運転条件を判断し、あらかじめ設定されている運転マップから、噴射圧力、噴射量、噴射時期の目標値をそれぞれ検索し、この噴射量および噴射時期の目標値となるように燃料噴射ノズル10内の制御弁の開閉時期を設定するとともに、蓄圧室6内の燃料圧力が目標値となるように有効ストローク制御弁7の開閉時期を制御する。

40 【0039】さらに、運転条件に応じて、燃料噴射ノズル10内の制御弁への入力信号を制御することにより、燃料噴射をパイロット噴射と主噴射とに分割して行うことが可能となっている。このパイロット噴射は、主噴射以前にあらかじめ少量の燃料を噴射することで、着火性の向上、初期燃焼量の低減によるNOx排出量の低減、圧力上昇率の低減による燃焼騒音の抑制、等の効果がある。そのため、例えば冷間時には、主に着火性の向上を図るために、パイロット噴射が適用され、また中負荷時等においては燃焼騒音を抑制したい場合などにパイロ

【0040】特に、冷間時や冷間始動時には、外気温度が低下するとともに、エンジン1の冷却水温 $T_w$ が低下することで、筒内ガス温度も同時に低下する。そのため、燃焼時には未燃HCの排出量増加が生じやすく、あるいは失火が起こりやすいことで始動性の悪化を招くこととなる。そこで、コントロールユニット14に入力されるアクセル開度 $A_{cc}$ 、エンジン回転数 $N_e$ 、冷却水温 $T_w$ などの信号に基づいて、エンジン1の運転状態が冷間状態にある場合、あるいは冷間始動の状態にあることを検出した場合には、パイロット噴射を行うべく燃料噴射ノズル10内の制御弁を制御する。そして、ここで、同時にパイロット噴射と主噴射の噴射量、噴射時期、さらには噴射圧力を最適に制御する。

【0041】本実施例では、特に冷間時や冷間始動時にパイロット噴射を適用する場合に、エンジン1内のピストン11頂面に形成されたキャビティ12およびシリンダ13から構成される燃焼室内の筒内ガス温度を算出し、クランク角に伴って逐次変化するその筒内ガス温度が、所定温度以上となる時期(クランク角)に、パイロ

ット噴射の噴射時期を設定するようにしている。  
【0042】エンジン1内の筒内ガス温度は、エンジン回転数、吸気温度等の諸要因により変動する。図2は、エンジン回転数が始動時のクランキングに相当するような低い回転数であるときの筒内ガス温度のクランク角に対する変化を示している。図示するように、筒内ガス温度はピストン11による圧縮に伴って上昇するが、エンジン回転数がより高い50rpmの場合には、より低い回転数の20rpmの場合に比較して、筒内ガス温度は全体として高くなり、上死点での圧縮端温度も上昇する。本実施例では、このように変化する筒内ガス温度がある所定値以上になったときにパイロット噴射を行うように、パイロット噴射の噴射開始時期を設定する。図2において、筒内ガス温度の所定温度を $T_h$ とすると、エンジン回転数の高い50rpmでは、この所定温度 $T_h$ に至るクランク角 $C_{AA}$ にパイロット噴射の噴射開始時期が設定されるのに対し、低回転数の20rpmでは、この所定温度 $T_h$ に至るまでのクランク角度は遅れるため、パイロット噴射の噴射開始時期のクランク角は、上記 $C_{AA}$ よりも遅れた $C_{AB}$ となる。

【0043】一方、このようなパイロット噴射を行う場合に、主噴射の噴射時期は、一般に、排気性能や騒音振動性能の点の要求から、上死点付近あるいはそれ以前に設定されることとなる。しかしながら、上記のように筒内ガス温度が全体として低い場合(例えば上記の20rpmの場合)には、パイロット噴射時期が上死点に近づくこととなる。ここでパイロット噴射と主噴射の間隔 $\Delta IT$ は、燃料噴射ノズル10内の制御弁の能力により制限され、最小で $5 \sim 10^\circ CA$ 程度となる。そのため、筒内ガス温度によってパイロット噴射時期が上死点に近づく場合には、主噴射の噴射時期は、この $\Delta IT$ を考慮

して補正されることとなる。

【0044】ここで、パイロット噴射の噴射開始時期を決定するための筒内ガス温度の所定値は、例えば、燃料の着火反応が起こりやすいような温度つまり燃料の低温酸化反応開始温度付近に設定される。これは、燃料の成分に応じて定まる固有の温度であり、燃料の熱分解が最初に発生する温度である。この燃料の熱分解が発生した後、着火反応が進行することになる。すなわち、この低温酸化反応開始温度以下では、燃料の着火は行われないことになる。そのため、エンジン1の筒内ガス温度がこの温度に到達した後、パイロット噴射を行うことで、パイロット噴射後の着火を確実に行わせることが可能であり、着火性の向上による排気性能の向上、エンジン1始動時の始動性向上が得られる。

【0045】次に、上記コントロールユニット14において実行される制御の流れを図3のフローチャートに基づいて説明する。まず、ステップ401では、エンジン回転数 $N_e$ 、アクセル開度 $A_{cc}$ 、吸気温度 $T_{int}$ 、吸気量 $Q_a$ 、冷却水温 $T_w$ 等の検出信号が読み込まれる。これらの信号から、エンジン1の運転状態を判定するが、ステップ402では、水温センサより検出された冷却水温 $T_w$ とあらかじめ設定された所定値とを比較する。ここで冷却水温 $T_w$ が所定値よりも低い場合は、エンジン1が冷機状態にあると判断し、ステップ403へ進む。これは冷機状態での始動時の場合も同様である。ステップ403では、そのときの運転状態に基づき、エンジン1の筒内ガス温度があらかじめ設定された所定温度に達するクランク角度 $CAP$ を算出する。次に、ステップ405では、蓄圧室6に設けられた圧力センサ8の信号により蓄圧室6内の燃料圧力 $P_r$ を検出し、この燃料圧力 $P_r$ を所定値と比較する。燃料圧力 $P_r$ が所定値より高い場合は、ステップ407へ進む。ステップ407では、エンジン回転数 $N_e$ を所定値と比較し、このエンジン回転数 $N_e$ が所定値より低い場合に、ステップ408へ進む。ステップ408では、パイロット噴射の噴射開始時期をステップ403で求めたクランク角 $CAP$ に設定し、ステップ410へ進む。

【0046】一方、ステップ406で蓄圧室6内の燃料圧力が所定値よりも低い場合、あるいはステップ407でエンジン回転数 $N_e$ が所定値より低い場合は、ステップ409へ進み、パイロット噴射開始時期の設定クランク角を、上記 $CAP$ から $\Delta CA$ だけ進角させた値つまり $CAP - \Delta CA$ に設定し、ステップ410へ進む。

【0047】ステップ410では、エンジン1の運転状態、ならびにパイロット噴射の噴射開始時期( $CAP$ あるいは $CAP - \Delta CA$ )を考慮して、主噴射の噴射時期 $CAM$ を設定する。燃料噴射ノズル10内の制御弁は、図示せぬ他のルーチンにより、これらの設定された噴射開始時期に従って制御される。

【0048】また、ステップ402で冷却水温 $T_w$ が所

定値よりも高い場合は、エンジン1が暖機完了状態にあると判断し、ステップ404に進んで、エンジン1の運転状態に応じてあらかじめ設定された運転マップに従って噴射条件（噴射量、噴射時期、パイロット噴射の有無）を設定する。

【0049】ここで、ステップ403において行われるクランク角度CAPの算出方法について説明する。

【0050】筒内ガス温度Tは、次式（1）に示す状態方程式によって求められる。

$$【0051】T = PV / (M_{all} * R) \dots (1)$$

但し、P：筒内圧力、V：筒内の体積、M<sub>all</sub>：総作動ガスモル数、R：ガス定数である。

【0052】従って、①噴射開始時期に必要な筒内ガス温度（これは前述した低温酸化反応開始温度より若干高めに設定される。あるいは低温酸化反応開始温度に一定の安全率を掛けて算出してもよい。）と、②吸気温度T<sub>int</sub>、吸気量Q<sub>a</sub>等の吸気条件によって求められる総作動ガスモル数と、③作動ガスの平均比熱比を用いてエンタルピバランスから算出される筒内圧力と、の3項目に基づいて、上記状態方程式（1）から、所定温度に達するときの筒内の容積が算出される。そして、この容積に応じたクランク角度CAPが算出される。このようにして求めたクランク角度CAPが、筒内ガス温度が所定温度となるクランク角度であり、パイロット噴射を行うべき噴射時期となる。

【0053】なお、上記のように、筒内ガス温度の所定温度として、燃料の低温酸化反応開始温度より高めに設定することにより、ステップ409でクランク角を進角することが可能となる。ただし、ΔCAは、この進角補正により噴射開始時期における筒内ガス温度が低温酸化

【0054】このように、本実施例では、エンジン1の運転条件に応じて、サイクル中の筒内ガス温度がある所定温度以上となるクランク角度を算出し、そのクランク角においてパイロット噴射を行うように、パイロット噴射の噴射開始時期を設定するので、パイロット噴射後の\*

\*着火を確実に行わせることが可能となり、未燃HCの排出量の抑制ならびに始動性の向上を得ることができる。

【0055】また、噴射圧力が低下した場合には、パイロット噴射時期を進角補正することで、噴射圧力が低下した場合の燃料噴霧の微粒化不足、すなわち混合気の形成が遅れてしまうことによる着火性の低下を補うことができる。

【0056】同様に、エンジン回転数が上昇して実時間が短くなる場合でも、パイロット噴射時期を進角補正することで、着火性の低下を回避することができる。

【0057】さらに、吸気弁閉時期を変更することにより吸気量を変更する可変動弁機構を備えたエンジンや、可変圧縮比機構を備えたエンジンにおいては、実圧縮比の変化に伴って、筒内ガス温度が変化してしまうことがあるが、本実施例のように、筒内ガス温度がある所定温度以上になるクランク角度を算出し、そのクランク角度においてパイロット噴射を行うようにすれば、実圧縮比の変化に伴う筒内ガス温度の変化に応じて、適切なパイロット噴射時期を設定することが可能となる。

【0058】また、最高出力の向上を図るためにエンジン1の圧縮比そのものを低下させるような場合においても、本実施例によれば、冷間時や低速低負荷域で問題となる筒内ガス温度低下による始動性の低下や未燃HC排出量増加を回避することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の一実施例を示す構成説明図。

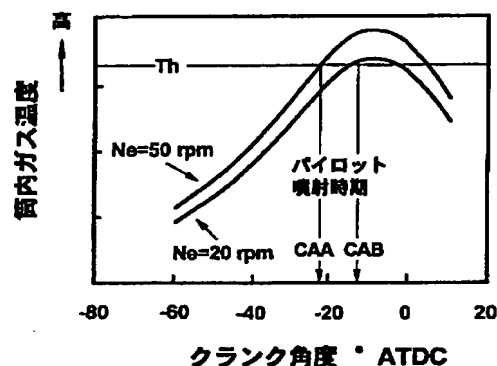
【図2】筒内ガス温度のクランク角に対する変化を示す特性図。

【図3】この実施例の制御の流れを示すフローチャート。

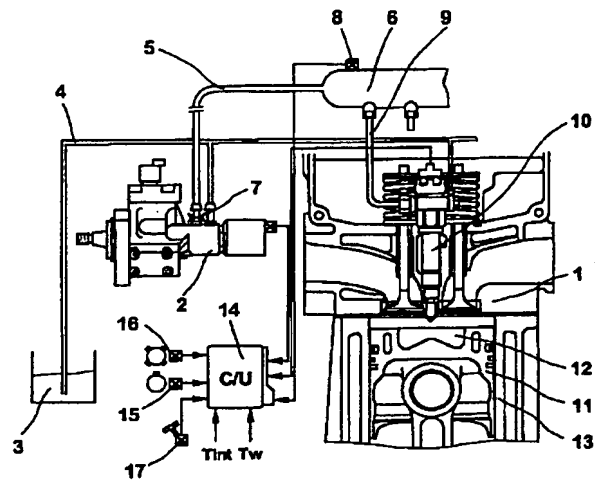
【符号の説明】

- 1…エンジン
- 2…燃料供給ポンプ
- 6…蓄圧室
- 10…燃料噴射ノズル
- 14…コントロールユニット

【図2】

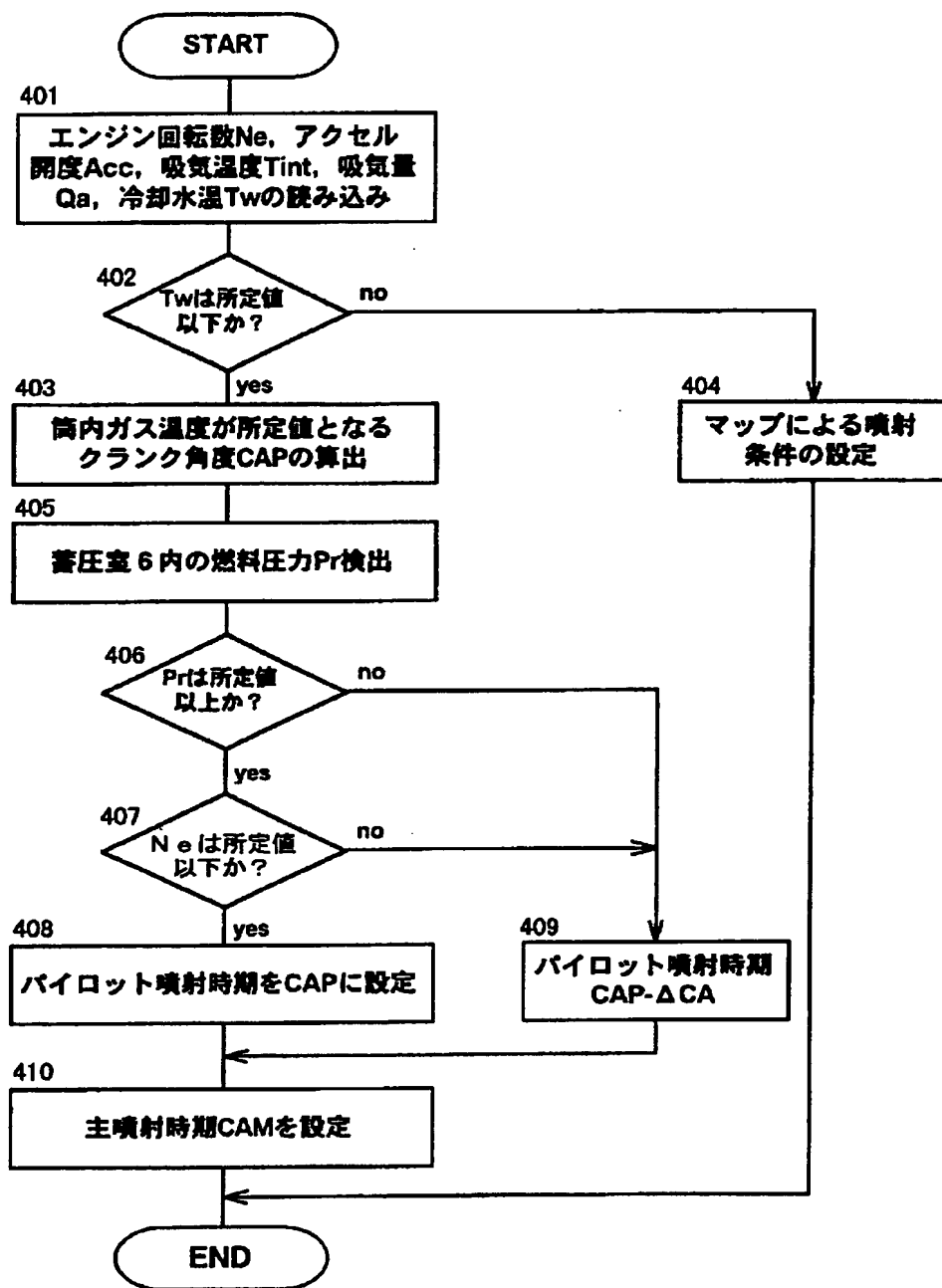


【図1】



- 1…エンジン
- 2…燃料供給ポンプ
- 6…蓄圧室
- 10…燃料噴射ノズル
- 14…コントロールユニット

【図3】



フロントページの続き

Fターム(参考) 3G084 AA01 BA13 BA15 CA01 DA09  
EA11 EB09 EC02 EC03 FA02  
FA10 FA13 FA17 FA20 FA22  
FA33 FA38 FA39  
3G301 HA02 JA00 JA25 JA37 KA01  
MA18 MA23 NA08 NC02 NE11  
PA10Z PB03Z PB05Z PB08Z  
PC05Z PE01Z PE03Z PE05Z  
PE08Z PF03Z